



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0123395

(43) 공개일자 2015년11월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C12N 1/14 (2006.01) *C02F 3/34* (2006.01)

H01M 8/16 (2006.01) *C12R 1/72* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0049397

(22) 출원일자 2014년04월24일

심사청구일자 2014년04월24일

(71) 출원인

이화여자대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)

(72) 발명자

조경숙

서울 서초구 동광로1길 87

김태관

서울 강북구 인수봉로72길 4, 101동 807호 (수유동, 극동아파트)

이윤영

경기 고양시 일산서구 성저로 25, 605동 206호 (대화동, 성저마을6단지건영빌라)

(74) 대리인

손민

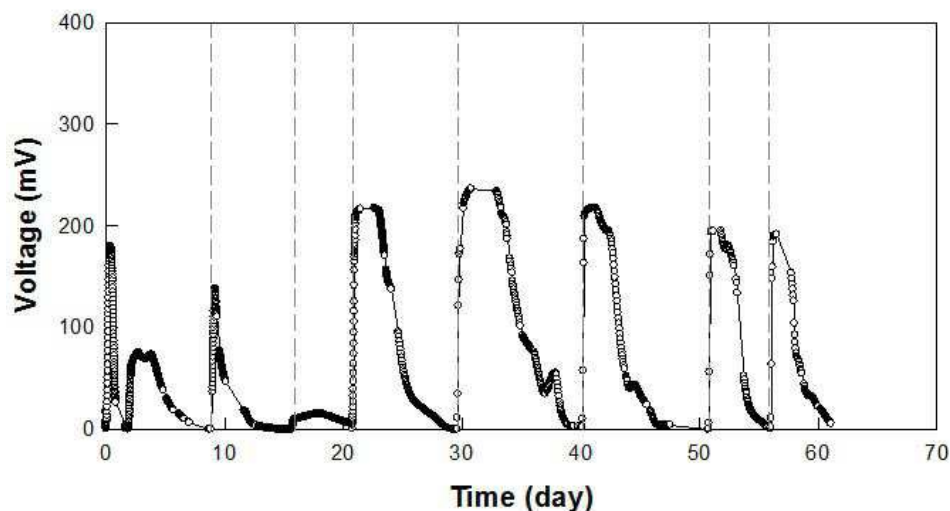
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 신규한 캔디다 속 균주 및 이를 포함하는 미생물 연료전지

(57) 요약

본 발명은 신규한 캔디다 속 IR11(*Candida sp.* IR11) 균주, 상기 균주를 포함하는 폐수처리 또는 폐수정화용 조성물, 상기 조성물을 이용하여 폐수를 처리 또는 정화하는 방법, 상기 균주를 포함하는 미생물 연료전지, 상기 미생물 연료전지를 이용하여 전기를 생산하는 방법, 상기 미생물 연료전지가 구비된 폐수처리 장치 및 상기 폐수처리 장치를 이용하여 폐수를 처리 또는 정화하는 방법에 관한 것이다. 본 발명의 신규한 캔디다 속 IR11 균주를 이용하면, 폐수의 정화와 전기의 생산을 동시에 도모할 수 있을 뿐만 아니라 미생물 연료전지가 구비된 폐수처리 장치를 고안하여, 외부의 전원없이 폐수처리 장치를 운영할 수 있으므로, 보다 효과적인 폐수처리에 널리 활용될 수 있을 것이다.

대표도 - 도3b



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711000720

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구사업(학술진흥)-중견연구자지원사업-핵심연구(개인)

연구과제명 On-site에너지생산및폐기물처리시스템의metatranscriptome해석을 통한공정유연성향상

기 여 율 1/1

주관기관 이화여자대학교 산학협력단

연구기간 2012.09.01 ~ 2015.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

칸디다 속 IR11(*Candida* sp. IR11) 균주(KCTC 12570BP).

청구항 2

제1항의 칸디다 속 IR11 균주를 포함하는 폐수처리 또는 폐수정화용 조성물.

청구항 3

제2항에 있어서,

사카로마이세스 속(*Saccharomyces* sp.) 균주, 바실러스 속(*Bacillus* sp.) 균주, 엔테로코커스 속(*Enterococcus* sp.) 균주 및 이들의 조합으로 구성된 균으로부터 선택되는 균주를 추가로 포함하는 것인 조성물.

청구항 4

제2항 또는 제3항 중 어느 한 항의 폐수정화용 조성물을 폐수에 처리하고, 혐기조건에서 반응시키는 단계를 포함하는, 폐수의 처리 또는 정화방법.

청구항 5

- (a) 제1항의 칸디다 속 IR11 균주가 접종된 아노드(Anode) 전극;
- (b) 캐소드(cathode) 전극;
- (c) 상기 미생물에 의해 분해될 수 있는 기질을 포함하고, 미생물의 배양환경을 제공하는 배지;
- (d) 상기 두개의 전극을 연결하는 전선;
- (e) 상기 두 개의 전극, 상기 배지의 유입구 및 유출구가 구비된 반응조; 및
- (f) 상기 반응조에 구비되고 두개의 전극사이에 구비되는 양이온 교환막을 포함하는, 미생물 연료전지.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 아노드 전극은 백금, 스테인레스 스틸 메시, 카본 펠트, 카본 페이퍼 및 이들의 조합으로 구성된 균으로부터 선택되는 재료로 제조된 것인 미생물 연료전지.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 캐소드 전극은 카본 펠트, 카본 페이퍼, 카본 클로스 및 이들의 조합으로 구성된 균으로부터 선택되는 재료로 제조된 것 또는 에어캐소드(air-cathode)인 것인 미생물 연료전지.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 기질은 캔디다 속 IR11 균주에 의해 분해되어 수소이온과 전자를 생산할 수 있는 물질인 것인 미생물 연료 전지.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 배지는 탄소원 및 전자수용체를 포함하고 중성 pH를 유지하게 할 수 있는 완충용액인 것인 미생물 연료 전지.

청구항 10

(a) 제5항의 미생물 연료전지의 반응조에 구비된 유입구 및 유출구를 통하여 기질이 포함된 배지를 캔디다 속 IR11 균주가 접종된 아노드 전극에 연속적으로 공급하는 단계; 및

(b) 상기 공급된 기질을 아노드 전극에 접종된 캔디다 속 IR11 균주가 분해하여 수소이온과 전자를 생산하고, 상기 수소이온과 전자로 인하여 전류를 생성하는 단계를 포함하는, 전기생산 방법.

청구항 11

제5항의 미생물 연료전지, 침전조 및 호기조를 포함하는 폐수처리 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

폐수처리와 전기생산을 동시에 수행할 수 있는 것인 장치.

청구항 13

제11항에 있어서,

폐수 유입구, 폐수 배출구, 전기 저장장치 및 이들의 조합으로 구성된 군으로부터 선택되는 것을 추가로 포함하는 것인 장치.

청구항 14

(a) 제11항의 폐수처리 장치에 폐수를 유입시켜서 정화시키고, 유기물이 함유된 전처리 폐수를 수득하는 단계; 및

(a) 상기 수득한 전처리 폐수를 미생물 연료전지에 공급하여 전기를 생산하는 단계를 포함하는, 폐수정화와 전기생산을 동시에 수행하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 신규한 캔디다 속 균주 및 이를 포함하는 미생물 연료전지에 관한 것으로, 보다 구체적으로 본 발명은 신규한 캔디다 속 IR11(*Candida sp.* IR11) 균주, 상기 균주를 포함하는 폐수처리 또는 폐수정화용 조성물, 상기 조성물을 이용하여 폐수를 처리 또는 정화하는 방법, 상기 균주를 포함하는 미생물 연료전지, 상기 미생물 연료전지를 이용하여 전기를 생산하는 방법, 상기 미생물 연료전지가 구비된 폐수처리 장치 및 상기 폐수처리 장치를 이용하여 폐수를 처리 또는 정화하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

미생물 연료전지(microbial fuel cell; MFC)는 미생물을 촉매로 사용하여 전자공여체인 기질이 가지고 있는 화학에너지를 전기에너지로 전환하는 장치를 의미한다. 구체적으로, 미생물의 대사에 의하여 기질이 분해되는 과정에서 발생하는 화학에너지를 전기에너지로 변환시키는 수단과 상기 변환된 전기에너지를 회수하는 수단을 포함하여, 결과적으로는 미생물을 사용하여 기질로부터 전기를 생산하는 장치를 의미한다. 통상적으로, 미생물 연료전지는 미생물이 접종된 아노드(Anode) 전극, 캐소드(cathode) 전극, 반응조 및 양이온 교환막으로 구성되는데, 상기 반응조에서 양이온 교환막을 중심으로 아노드 전극과 캐소드 전극이 서로 반대편에 구비된다. 상기 반응조에 기질이 포함된 배지가 충전되면, 상기 기질을 아노드 전극에 접종된 미생물이 분해시켜서, 분해산물로서 수소이온과 전자를 생성시키고, 상기 생성된 수소이온은 양이온 교환막을 투과하여 캐소드 전극으로 전달되며, 상기 생성된 전자는 아노드 전극으로부터 캐소드 전극으로 이동하여 최종적으로 전류를 생성하게 된다. 상기 미생물 연료전지는 미생물에 의하여 기질에서 수소이온과 전자가 생성되면 전류를 생성할 수 있으므로, 상기 반응조에 기질을 지속적으로 공급하면, 전류가 지속적으로 생성될 수 있다. 이러한 미생물 연료전지의 핵심은 아노드 전극에 접종된 미생물로서 상기 미생물이 기질을 분해하여 수소이온과 전자를 발생시키는 효율이 증가할수록 미생물 연료전지에서 생산되는 전기의 생산량이 증가하게 된다.

[0003]

한편, 하수 또는 폐수 처리장치는 대체로, 유입된 하수 또는 폐수를 정화시켜서 부유하는 고형분을 침전시켜 제거하기 위한 침전조, 상기 침전조와 연결되어 산소폭기 장치가 구비된 호기조 및 상기 호기조와 연결되어 혐기 상태에서 미생물에 의하여 유기물을 분해하는 혐기조를 기본적으로 포함한다. 상기 하수 또는 폐수 처리장치를 이용하여 오염수를 처리하는 비용 중 가장 많은 부분을 차지하는 것은 산소 폭기와 잉여 슬러지 처리이다. 산소 폭기 장치는 처리대상의 크기에 따라 전기 에너지 소비량이 증가하며, 또한 상기 산소 폭기를 통해 오염수를 처리하면 호기성 미생물인 잉여 슬러지가 다량 발생하므로 잉여 슬러지를 처리하는 비용이 증가하게 된다. 따라서, 하수 또는 폐수 처리장치에 공급되는 전기양에 따라, 상기 장치의 하수 또는 폐수처리 효율이 증가하게 된다고 할 수 있다.

[0004]

이에, 상기 하수 또는 폐수 처리장치에 구비된 혐기조를 미생물 연료전지와 연계시킴으로써, 상기 장치에서 소요되는 전기를 절감시키려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 예를 들어, 한국특허공개 제2013-0029530호에는 미생물연료전지와 미생물전기분해전지가 융합된 에너지 자립형 고도 폐수처리 장치 및 상기 장치를 통한 폐수처리 방법이 개시되어 있다. 그러나, 이처럼 하수 또는 폐수 처리장치와 미생물 연료전지를 연계시킨 장치에서도 사용된 미생물의 효율에 따라 상기 장치의 성능이 좌우되므로, 유기물을 수소이온으로 전환시키는 효율이 우수한 미생물의 개발이 절실히 요구되고 있으나, 아직까지는 이에 적합한 미생물이 보고되지 않고 있는 실정이다.

[0005]

이러한 배경 하에서, 본 발명자들은 유기물을 수소이온으로 전환시키는 효율이 우수하여, 미생물 연료전지에 대한 적합성이 우수한 균주를 개발하고자 예의 연구노력한 결과, 신규한 캔디다 속 균주가 미생물 연료전지에 대한 적합성이 우수함을 확인하고, 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006]

본 발명의 하나의 목적은 신규한 캔디다 속 IR11(*Candida sp.* IR11) 균주를 제공하는 것이다.

[0007]

본 발명의 다른 목적은 상기 캔디다 속 IR11 균주를 포함하는 폐수처리 또는 폐수정화용 조성물을 제공하는 것

이다.

- [0008] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 폐수처리 또는 폐수정화용 조성물을 이용하여 폐수를 처리 또는 정화하는 방법을 제공하는 것이다.
- [0009] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 캔디다 속 IR11 균주를 포함하는 미생물 연료전지를 제공하는 것이다.
- [0010] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 미생물 연료전지를 이용하여 전기를 생산하는 방법을 제공하는 것이다.
- [0011] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 미생물 연료전지가 구비된 폐수처리 장치를 제공하는 것이다.
- [0012] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 폐수처리 장치를 이용하여 폐수를 처리 또는 정화하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명자들은 미생물 연료전지에 적합한 균주를 발굴하기 위하여, 혐기 하수 슬러지가 접종된 미생물 연료전지를 제작하고, 이를 운행한 다음, 아노드 전극에 형성된 생물막으로부터 신규한 캔디다 속(*Candida* sp.) 균주인 캔디다 속 IR11 균주를 분리동정하였다. 또한, 상기 캔디다 속 IR11을 포함하는 미생물 연료전지의 성능을 평가한 결과, 미생물 연료전지에서 전압생성이 안정화될 때까지 소요되는 시간이 단축되고, 전압을 상대적으로 높은 수준으로 생성할 수 있는 효과를 나타냄을 확인하였으므로, 상기 캔디다 속 IR11 균주는 상기 균주는 미생물 연료전지의 핵심 구성요소로서 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 폐수처리를 위한 장치와 미생물 연료전지를 결합시키는데 있어, 핵심적인 역할을 수행할 수 있음을 알 수 있었다.
- [0014] 상술한 목적을 달성하기 위한 일 실시양태로서, 본 발명은 신규한 캔디다 속(*Candida* sp.) 균주인 캔디다 속 IR11(*Candida* sp. IR11) 균주(KCTC 12570BP)를 제공한다.
- [0015] 본 발명의 용어 "캔디다 속 IR11(*Candida* sp. IR11) 균주"란, 혐기 하수 슬러지로부터 유래되고, 종래에 보고되지 않았던 캔디다 속(*Candida* sp.)에 속하는 균주로서, 2014년 4월 3일자로 부다페스트 조약하의 국제기탁기관인 한국생명공학연구원 생물자원센터(Korean Collection for Type Culture)에 기탁하고, 수탁번호 KCTC 12570BP를 부여받은 균주를 의미한다.
- [0016] 본 발명에 있어서, 상기 캔디다 속 IR11 균주는 미생물 연료전지에 포함될 경우, 미생물 연료전지로부터 생성되는 전압의 안정화에 소요되는 시간을 단축시킬 수 있고, 생성되는 전압수준을 증대시킬 수 있는 효과를 나타내므로, 본 발명에서 제공하는 미생물 연료전지의 구성성분으로 사용될 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 혐기 하수 슬러지에 존재하는 미생물 연료전지용 균주를 선별하기 위하여, 상기 혐기 하수 슬러지를 사용하여 미생물 연료전지를 운행하고, 상기 미생물 연료전지의 아노드 전극에 형성된 생물막으로부터 미생물 연료전지용 균주를 선별 및 동정한 결과, 신규한 캔디다 속(*Candida* sp.) 균주를 분리하고, 상기 균주를 "캔디다 속 IR11(*Candida* sp. IR11)"이라 명명하였으며, 상기 균주를 부다페스트 조약하의 국제기탁기관인 한국생명공학연구원 생물자원센터(Korean Collection for Type Culture)에 2014년 4월 3일자로 기탁하고, 수탁번호 KCTC 12570BP를 부여받았다. 한편, 상기 동정된 캔디다 속 IR11이 미생물 연료전지에 대하여 어떠한 효과를 나타내는 지를 확인한 결과, 상기 균주는 인공기질에 포함된 글루코스 또는 메탄 생산 공정 유출수에 포함된 유기물을 분해하여 수소이온과 전자를 생산하고, 상기 생산된 수소이온과 전자를 이송함으로써, 미생물 연료전지를 구동시킬 수 있음을 확인하였다. 뿐만 아니라, 상기 캔디다 속 IR11이 포함된 미생물 연료전지는 상기 균주를 포함하지 않는 미생물 연료전지에 비하여 인공기질 또는 메탄 생산 공정 유출수를 기질로 사용할 경우에도 전압생성이 안정화될 때 까지 소요되는 시간이 단축되고, 전압을 상대적으로 높은 수준으로 생성할 수 있음을 확인하였다(도 2a, 2b, 3a 및 3b).
- [0018] 따라서, 본 발명에서 제공하는 캔디다 속 IR11 균주는 상기 균주는 미생물 연료전지의 핵심 구성요소로서 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 폐수처리를 위한 장치와 미생물 연료전지를 결합시키는데 있어, 핵심적인 역할을 수행할 수 있음을 알 수 있었다.

- [0019] 상술한 목적을 달성하기 위한 다른 실시양태로서, 본 발명은 상기 캔디다 속 IR11 균주를 포함하는 폐수처리 또는 폐수정화용 조성물 및 상기 조성물을 이용하여 폐수를 처리 또는 정화하는 방법을 제공한다.
- [0020] 상기 캔디다 속 IR11 균주는 혐기 하수 슬러지로부터 유래되었고, 메탄 생산 공정 유출수에 포함된 유기물을 분해하여 수소이온과 전자를 생산함으로써, 미생물 연료전지를 구동시킬 수 있으므로, 상기 균주는 폐수에 포함된 유기물을 혐기분해시키는데 사용될 수 있다.
- [0021] 본 발명에서 제공하는 폐수처리 또는 폐수정화용 조성물은 상기 캔디다 속 IR11 균주 이외에, 폐수처리 또는 정화를 촉진시킬 수 있는 다른 균주를 추가로 포함할 수 있다. 상기 추가로 포함될 수 있는 균주는 특별히 이에 제한되지 않으나, 바람직하게는 폐수에 포함된 유기물을 분해할 수 있는 균주, 부패균의 생육을 억제하는 조건을 조성하는 균주 등이 될 수 있고, 보다 바람직하게는 폐수에 포함된 유기물을 분해할 수 있는 사카로마이세스 속(*Saccharomyces sp.*) 균주, 바실러스 속(*Bacillus sp.*) 균주 또는 pH 저하를 유도하여 부패균의 생육을 억제하는 조건을 조성하는 엔테로코커스 속(*Enterococcus sp.*) 균주 등이 될 수 있으며, 가장 바람직하게는 사카로마이세스 세레비지애(*Saccharomyces cerevisiae*), 바실러스 서브틸리스(*Bacillus subtilis*), 엔테로코커스 패시움(*Enterococcus faecium*), 엔테로코커스 페칼리스(*Enterococcus faecalis*) 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 본 발명의 조성물을 이용하여 폐수를 처리 또는 정화하는 방법은 폐수에 상기 조성물을 처리하여 혐기조건에서 반응시키는 단계를 포함한다.
- [0023] 이때, 본 발명의 조성물은 상기 반응으로 인하여 폐수에 포함된 탄수화물 성분을 분해할 수 있는데, 상기 폐수에 대한 본 발명에서 제공하는 조성물의 처리량은 폐수를 처리 또는 정화하는 효과를 나타내는 한 특별히 이에 제한되지 않으나, 바람직하게는 1,000톤의 폐수에 대하여 상기 조성물을 50 내지 200 kg/day의 양으로 처리할 수 있고, 보다 바람직하게는 1,000톤의 폐수에 대하여 상기 조성물을 100 내지 150 kg/day의 양으로 처리할 수 있으며, 가장 바람직하게는 1,000톤의 폐수에 대하여 상기 조성물을 120 kg/day의 양으로 처리할 수 있다.
- [0024] 상술한 목적을 달성하기 위한 또 다른 실시양태로서, 본 발명은 상기 캔디다 속 IR11 균주를 포함하는 미생물 연료전지 및 상기 미생물 연료전지를 이용하여 전기를 생산하는 방법을 제공한다.
- [0025] 본 발명의 용어 "미생물 연료전지"란, 반응조 내에 존재하는 미생물의 대사에 의하여 기질이 분해되는 과정에서 발생하는 화학에너지를 전기에너지로 변환시키는 수단과 상기 변환된 전기에너지를 회수하는 수단을 포함하여, 결과적으로는 미생물을 사용하여 기질로부터 전기를 생산하는 장치를 의미한다. 통상적으로, 미생물 연료전지는 미생물이 접종된 아노드 전극, 캐소드 전극, 상기 미생물에 의해 분해될 수 있는 기질을 포함하고, 미생물의 배양환경을 제공하는 배지, 상기 전극을 연결하는 전선, 상기 두 개의 전극, 상기 배지의 유입구 및 유출구가 구비된 반응조 및 상기 반응조에 구비되고 두개의 전극사이에 구비되는 양이온 교환막으로 구성되는데, 상기 반응조에서 양이온 교환막을 중심으로 아노드 전극과 캐소드 전극이 서로 반대편에 구비되고, 상기 반응조에 구비된 배지의 유입구 및 유출구는 아노드 전극이 구비된 부위에 존재한다. 상기 반응조의 유입구를 통하여 기질이 포함된 배지를 반응조에 충전시키면, 상기 배지에 포함된 기질을 아노드 전극에 접종된 미생물이 분해시켜서, 분해산물로서 수소이온과 전자를 생성시키고, 상기 생성된 수소이온은 양이온 교환막을 투과하여 캐소드 전극으로 전달되며, 이와 함께 전자가 아노드 전극으로부터 캐소드 전극으로 이동하여 최종적으로는 전류를 생성하게 된다. 상기 미생물 연료전지는 미생물에 의하여 기질에서 수소이온과 전자가 생성되면 전류를 생성할 수 있으므로, 상기 반응조에 구비된 유입구 및 유출구를 통하여 기질을 지속적으로 공급하면, 전류가 지속적으로 생성될 수 있다.
- [0026] 본 발명에 있어서, 상기 미생물 연료전지는 (a) 본 발명에서 제공하는 캔디다 속 IR11 균주가 접종된 아노드 전

극, (b) 캐소드 전극, (c) 상기 미생물에 의해 분해될 수 있는 기질을 포함하고, 미생물의 배양환경을 제공하는 배지, (d) 상기 전극을 연결하는 전선, (e) 상기 두 개의 전극, 상기 배지의 유입구 및 유출구가 구비된 반응조, 및 (f) 상기 반응조에 구비되고 두개의 전극사이에 구비되는 양이온 교환막을 포함한다. 이때, 상기 아노드 전극은 캔디다 속 IR11 균주가 접종될 수 있는 한 특별히 이에 제한되지 않으나, 바람직하게는 백금, 스테인레스 스틸 메시, 카본 펠트, 카본 페이퍼 등의 재질로 제조된 것을 사용할 수 있고; 상기 캐소드 전극은 특별히 이에 제한되지 않으나, 바람직하게는 카본 펠트, 카본 페이퍼, 카본 클로스 등의 재질로 제조된 것 또는 에어캐소드(air-cathode)를 사용할 수 있으며; 상기 기질은 캔디다 속 IR11 균주에 의해 분해되어 수소이온과 전자를 생산할 수 있는 한, 특별히 이에 제한되지 않으나, 바람직하게는 글루코스와 아세테이트 혼합물, 전처리된 폐수 등을 사용할 수 있고, 보다 바람직하게는 글루코스와 아세테이트 혼합물(1:1, w/w) 또는 메탄 생산 공정 유출수를 사용할 수 있으며; 상기 배지는 캔디다 속 IR11 균주의 배양환경을 제공하고, 생성된 수소이온의 전달 및 전자의 전달을 가능하게 하는 한 특별히 이에 제한되지 않으나, 바람직하게는 탄소원 및 전자수용체를 포함하고 중성 pH를 유지하게 할 수 있는 완충용액이 될 수 있고, 보다 바람직하게는 탄소원인 글루코스 및 전자수용체인 $C_6H_5FeO_7$ 을 포함하는 pH 7.0의 인산염 완충액을 사용할 수 있으며, 가장 바람직하게는 탄소원인 20mM 글루코스 및 전자수용체인 50mM $C_6H_5FeO_7$ 을 포함하는 pH 7.0의 100mM 인산염 완충액을 사용할 수 있다.

[0027]

또한, 상기 미생물 연료전지를 이용하여 전기를 생산하는 방법은 (a) 미생물 연료전지의 반응조에 구비된 유입구 및 유출구를 통하여 기질이 포함된 배지를 캔디다 속 IR11 균주가 접종된 아노드 전극에 연속적으로 공급하는 단계; 및 (b) 상기 아노드 전극에 접종된 캔디다 속 IR11 균주가 상기 기질을 분해하여 수소이온과 전자를 생산하고, 상기 수소이온과 전자로 인하여 전류를 생성하는 단계를 포함한다. 이때, 사용된 기질, 배지 등의 조건은 상술한 바와 동일하다.

[0028]

상술한 목적을 달성하기 위한 또 다른 실시양태로서, 본 발명은 상기 캔디다 속 IR11 균주를 포함하는 미생물 연료전지가 구비된 폐수처리 장치 및 상기 폐수처리 장치를 이용하여 폐수의 정화와 전기의 생산을 동시에 수행하는 방법을 제공한다.

[0029]

상술한 바와 같이, 본 발명에서 제공하는 캔디다 속 IR11 균주는 미생물 연료전지를 통해 폐수처리 장치에서 전처리된 폐수에 포함된 유기물을 분해하여 전기를 생산할 수 있으므로, 상기 미생물 연료전지를 폐수처리 장치에 구비시켜서, 폐수처리 장치에서 소요되는 전기를 공급하면, 상기 폐수처리 장치는 외부전원이 없이도 독자적으로 폐수를 처리 또는 정화시킬 수 있다.

[0030]

상기 미생물 연료전지가 구비된 폐수처리 장치에서 미생물 연료전지로 공급되는 전처리된 폐수는 미생물 연료전지의 활성을 저해할 수 있는 성분이 최대한으로 제거되어야 하는데, 이를 위하여는 통상적인 폐수처리 장치에 구비된 침전조, 폭기조 등을 통하여 유기물을 포함하지만 유기물 이외의 성분이 대부분 제거되도록 전처리된 폐수를 사용할 수 있다. 상기 미생물 연료전지의 아노드 전극에는 유기물을 혐기분해할 수 있는 캔디다 속 IR11 균주가 접종되어 있으므로, 상기 미생물 연료전지를 일종의 혐기조로서 활용할 수 있으며, 상기 미생물 연료전지의 전기 생산효율을 증대시키기 위하여 소규모의 미생물 연료전지를 다수 구비할 경우, 이들의 총합이 통상적인 혐기조의 용량과 유사하게 되어, 별도의 혐기조를 필요로 하지 않으므로, 상기 폐수처리 장치의 구조를 보다 단순화 할 수 있게 하는 장점을 나타낼 수도 있다.

[0031]

본 발명에 있어서, 상기 미생물 연료전지가 구비된 폐수처리 장치는 특별히 이에 제한되지 않으나, 바람직하게는 침전조, 호기조 및 미생물 연료전지를 포함할 수 있고, 이에 더하여, 폐수 유입구, 폐수 배출구, 전기 저장장치 등을 추가로 포함할 수도 있다.

[0032]

한편, 본 발명의 폐수정화 및 전기생산을 동시에 수행하는 방법은 (a) 상기 미생물 연료전지가 구비된 폐수처리 장치에 폐수를 유입시켜서 정화시키고, 유기물이 함유된 전처리 폐수를 수득하는 단계; 및 (a) 상기 수득한 전

처리 폐수를 미생물 연료전지에 공급하여 전기를 생산하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0033] 본 발명의 신규한 캔디다 속 IR11 균주를 이용하면, 폐수의 정화와 전기의 생산을 동시에 도모할 수 있을 뿐만 아니라 미생물 연료전지가 구비된 폐수처리 장치를 고안하여, 외부의 전원없이 폐수처리 장치를 운영할 수 있으므로, 보다 효과적인 폐수처리에 널리 활용될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1a는 혐기 하수 슬러지를 사용한 미생물 연료전지 운행시간의 경과에 따른 COD 및 pH 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 1b는 혐기 하수 슬러지를 사용한 미생물 연료전지 운행시간의 경과에 따른 전압 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 2a는 캔디다 속 IR11 균주와 인공기질을 포함하는 미생물 연료전지 운행시간의 경과에 따른 COD 및 pH 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 2b는 캔디다 속 IR11 균주와 인공기질을 포함하는 미생물 연료전지 운행시간의 경과에 따른 전압 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 3a는 캔디다 속 IR11 균주와 메탄 생산 공정 유출수를 포함하는 미생물 연료전지 운행시간의 경과에 따른 COD 및 pH 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 3b는 캔디다 속 IR11 균주와 메탄 생산 공정 유출수를 포함하는 미생물 연료전지 운행시간의 경과에 따른 전압 변화를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 이하 본 발명을 실시예를 통하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나 이들 실시예는 본 발명을 예시적으로 설명하기 위한 것으로 본 발명의 범위가 이들 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0036] 실시예 1: 미생물 연료전지용 균주의 선발 및 동정

- [0037] 혐기 하수 슬러지에 존재하는 미생물 연료전지용 균주를 선발하기 위하여, 상기 혐기 하수 슬러지를 사용하여 미생물 연료전지를 운행하고, 그 결과로서 Anode에 형성된 생물막으로부터 미생물 연료전지용 균주를 선발 및 동정하였다.

- [0038] 구체적으로, 상기 미생물 연료전지는 Single chamber systems(Anode: 450℃에서 아노드 전극인 30분간 전처리된 carbon felt(9×14cm); 캐소드 전극인 air-cathode(ODE75, MEET, Korea); Proton exchange membrane: Nafion 117(Dupont, USA); Reactor: 7×15×10 cm (L×H×W) per single chamber(1-L volume); Voltage monitoring system: digital multimeter (GL220, Japan); Line: titanium wire(Sigma, USA))을 이용하였는데, 상기 미생물 연료전지에 포함된 아노드 전극과 캐소드 전극은 백금 전극과 100 Ω의 외부저항으로 연결하였다. 또한, 미생물 연료전지용 배지로는 100 mM 인산염 완충액(NH₄Cl 0.31g/ℓ; KCl 0.13g/ℓ; Na₂HPO₄·12H₂O 21.838g/ℓ; 및 NaH₂PO₄·2H₂O 6.084g/ℓ)과 기질인 COD 약 1,500 mg/L의 글루코스와 아세트에이트의 혼합물(1:1, w:w)을 포함하는 배지를 사용하였다.

- [0039] 상기 미생물 연료전지에 상기 배지를 1ℓ 충전시키고, 초기 접종원으로 혐기 하수 슬러지를 접종한 다음, multimeter(GL220_820-APS, GRAPHTEC, Japan)을 이용하여 10분 간격으로 전압을 관찰하면서, 약 80일 동안 운행하였

다(도 1a 및 1b).

[0040] 도 1a는 혐기 하수 슬러지를 사용한 미생물 연료전지 운행시간의 경과에 따른 COD 및 pH 변화를 나타내는 그래프이고, 도 1b는 혐기 하수 슬러지를 사용한 미생물 연료전지 운행시간의 경과에 따른 전압 변화를 나타내는 그래프이다.

[0041] 상기 도 1a 및 1b에서 보듯이, 미생물 연료전지에서 전압생성이 안정화 되기까지 약 40일 이상의 시간이 소요되었고, 안정화 된 이후에는 200 mV 이하의 전압이 생성됨을 확인하였다.

[0042] 상기 미생물 연료전지 운영을 종료한 다음, 생물막(biofilm)이 형성된 Anode를 회수하고, 이로부터 목적하는 균주를 분리 및 동정하였다.

[0043] 구체적으로, 상기 생물막이 형성된 Anode를 100 mM의 인산염 완충액(NH_4Cl 0.31g/ℓ; KCl 0.13g/ℓ; $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 21.838g/ℓ; 및 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 6.084g/ℓ), pH 7.0)에 20 mM 글루코스 및 50 mM $\text{C}_6\text{H}_5\text{FeO}_7$ 을 포함하는 접종배지 20mℓ에 접종하고, 질소가스로 포화된 상태에서 35℃에서 교반하면서 배양하였다. 접종배지의 색이 짙은 녹색으로 변하고 탁도가 증가하면, 이에 10배 부피의 새로운 접종배지를 가하여 희석시키는 방식을 4회 수행하여 10^4 배 부피로 희석시키고, 상기 희석된 배양물을 상기 접종배지에 아가로스가 포함된 고체배지에 도말하고, 35℃의 혐기조건(질소가스 포화조건)에서 배양하여 콜로니를 형성시켰다. 상기 형성된 콜로니로부터 각각의 균체를 수득하고, 상기 수득한 균체를 NucleoSpin[®] Soil Kit(Macherey-Nagel, Germany)에 적용하여 각각의 DNA를 수득하였으며, 상기 수득한 DNA를 주형으로 하고 하기의 프라이머를 사용한 PCR을 수행하여 증폭산물을 수득하였다. 이때, PCR 기기로는 2720 Thermal cycler(Applied Biosystems, USA)를 이용하고, PCR 조건은 다음과 같이 수행하였다: 95℃ 4분; 30cycle(95℃ 30초, 55℃ 30초 및 72℃ 30초) 및 72℃ 5분.

[0044] 정방향 프라이머 ITS1: 5'-TCC GTA GGT GAA CCT GCG G-3'(서열번호 1)

[0045] 역방향 프라이머 ITS4: 5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3'(서열번호 2)

[0046] 상기 수득한 증폭산물의 염기서열을 결정하고(MACROGEN, Korea), 결정된 염기서열을 분석하여(NCBI Blast, www.ncbi.nlm.nih.gov/), 상기 증폭산물이 유래된 각 콜로니의 균체를 동정하고, 이 중에서 신규한 균주를 선발하였다. 그 결과, 상기 동정된 균체 중의 하나가 *Fungi*(계), *Ascomycota*(문), *Saccharomycotina*(강), *Saccharomycetales*(목), *Saccharomycetaceae*(과)에 속하는 신규한 캔디다 속(*Candida* sp.) 균주임을 확인하고, 상기 균주를 "캔디다 속 IR11(*Candida* sp. IR11)"이라 명명하였으며, 상기 균주를 부다페스트 조약하의 국제기탁기관인 한국생명공학연구원 생물자원센터(Korean Collection for Type Culture)에 2014년 4월 3일자로 기탁하고, 수탁번호 KCTC 12570BP를 부여받았다.

[0047] 상기 캔디다 속 IR11 균주는 혐기상태에서도 글루코스를 탄소원으로 이용할 수 있음을 알 수 있었다.

[0048] 실시예 2: 캔디다 속 IR11 균주를 이용한 미생물 연료전지의 평가

[0049] 상기 실시예 1에서 동정된 캔디다 속 IR11 균주를 포함하는 미생물 연료전지를 운영하고 그 결과를 평가하였다.

[0050] 실시예 2-1: 미생물 배양환경 및 전압의 변화

[0051] 구체적으로, 상기 실시예 1에서 수득한 콜로니 중에서 캔디다 속 IR11 균주에 해당하는 콜로니로부터 균체를 수

특하고, 이를 집중배지에 접종한 후, 배양하여 배양물을 수득하였다.

[0052] 상기 배양물과 혐기 하수 슬러지를 혼합하고, 상기 혼합물을 초기 접종원으로 사용하고, 기질로서 인공기질인 COD 약 500 mg/L의 글루코스와 아세테이트 혼합물(1:1, w/w) 또는 COD 약 500 mg/L의 메탄 생산 공정 유출수를 사용하는 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 미생물 연료전지를 운행하였다(도 2a, 2b, 3a 및 3b).

[0053] 먼저, 도 2a는 캔디다 속 IR11 균주와 인공기질을 포함하는 미생물 연료전지 운행시간의 경과에 따른 COD 및 pH 변화를 나타내는 그래프이고, 도 2b는 캔디다 속 IR11 균주와 인공기질을 포함하는 미생물 연료전지 운행시간의 경과에 따른 전압 변화를 나타내는 그래프이다.

[0054] 상기 도 2a 및 2b에서 보듯이, 상기 미생물 연료전지에서 생성되는 전압은 처음부터 안정화되었고, 200 mV 이상의 전압이 생성됨을 확인하였다.

[0055] 다음으로, 도 3a는 캔디다 속 IR11 균주와 메탄 생산 공정 유출수를 포함하는 미생물 연료전지 운행시간의 경과에 따른 COD 및 pH 변화를 나타내는 그래프이고, 도 3b는 캔디다 속 IR11 균주와 메탄 생산 공정 유출수를 포함하는 미생물 연료전지 운행시간의 경과에 따른 전압 변화를 나타내는 그래프이다.

[0056] 상기 도 3a 및 3b에서 보듯이, 미생물 연료전지에서 전압생성이 안정화 되기까지 약 20일의 시간이 소요되었고, 안정화 된 이후에는 200 mV 이상의 전압이 생성됨을 확인하였다.

[0057] 또한, 상기 도 2a 및 2b와 도 3a 및 3b를 비교하면, 인공기질을 사용할 경우에 비하여, 메탄 생산 공정 유출수를 기질로 사용하면, 전압생성이 안정화될 때 까지 다소 시간이 소요되고, 생성되는 전압이 낮은 수준임을 확인하였다. 그러나, 상기 도 3a 및 3b의 결과를 도 1a 및 1b의 결과와 비교하면, 메탄 생산 공정 유출수(도 1a 및 1b)를 사용할 경우에도, 인공기질(도 1a 및 1b)을 사용한 것 보다 전압생성이 안정화되는 시간이 감소하였을 뿐만 아니라 생성되는 전압이 상대적으로 높은 수준을 나타냄을 확인하였으며, 이는 상기 제공된 캔디다 속 IR11 균주로 인한 것으로 분석되었다.

[0058] 실시예 2-2: 쿨롱효율(coulombic efficiency) 평가

[0059] 쿨롱효율은 미생물 연료 전지 내 미생물이 유기물을 산화하여 생성되는 전자를 전기 에너지로 전환하는 효율을 의미하는데, 본 발명의 캔디다 속 균주의 접종여부에 따라 쿨롱효율이 변화되는지의 여부를 평가하였다.

[0060] 즉, 본 발명의 캔디다 속 균주를 접종하거나 또는 접종하지 않는 것을 제외하고는, 상기 실시예 2-1과 동일한 조건으로 미생물 연료전지를 운행하면서, 쿨롱효율을 산출하고, 이를 비교하였다(표 1)

표 1

[0061] 미생물 연료전지에서 캔디다 속 균주의 접종여부에 따른 쿨롱효율의 변화

접종여부	초기 COD(mg/ ℓ)	쿨롱효율(%)
×	610	14.07
○	616	22.43

[0062] 상기 표 1에서 보듯이, 본 발명의 캔디다 속 균주를 접종하지 않으면, 유입된 기질의 약 14%가 전기에너지로 전환되었으나, 본 발명의 캔디다 속 균주를 접종하면, 유입된 기질의 약 22%가 전기에너지로 전환됨을 확인하였다. 즉, 동일한 미생물 연료전지에서 동일한 기질을 사용하더라도 미생물의 접종여부에 따라 쿨롱효율이 현저하게 증가함을 확인하였다.

[0063]

상기 결과를 종합하면, 본 발명에서 제공하는 캔디다 속 IR11 균주는, 폐수 처리를 위한 혐기조에서 유래되어 폐수처리 공정에 적용할 수도 있고, 미생물 연료전지의 전기생산 효율을 향상시키는 균주로서 사용될 수도 있음을 확인하였는 바, 상기 균주는 미생물 연료전지의 핵심 구성요소로서 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 폐수처리를 위한 장치와 미생물 연료전지를 결합시키는데 있어, 핵심적인 역할을 수행할 수 있음을 알 수 있었다.

[0064]

본 명세서에 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자이면 충분히 인식하고 유추할 수 있는 내용은 그 상세한 기재를 생략하였으며, 본 명세서에 기재된 구체적인 예시들 이외에 본 발명의 기술적 사상이나 필수적 구성을 변경하지 않는 범위내에서 보다 다양한 변형이 가능하다. 따라서 본 발명은 본 명세서에서 구체적으로 설명하고 예시한 것과 다른 방식으로 실시될 수 있으며, 이는 본 발명의 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자이면 이해할 수 있는 사항이다.

수탁번호

[0065]

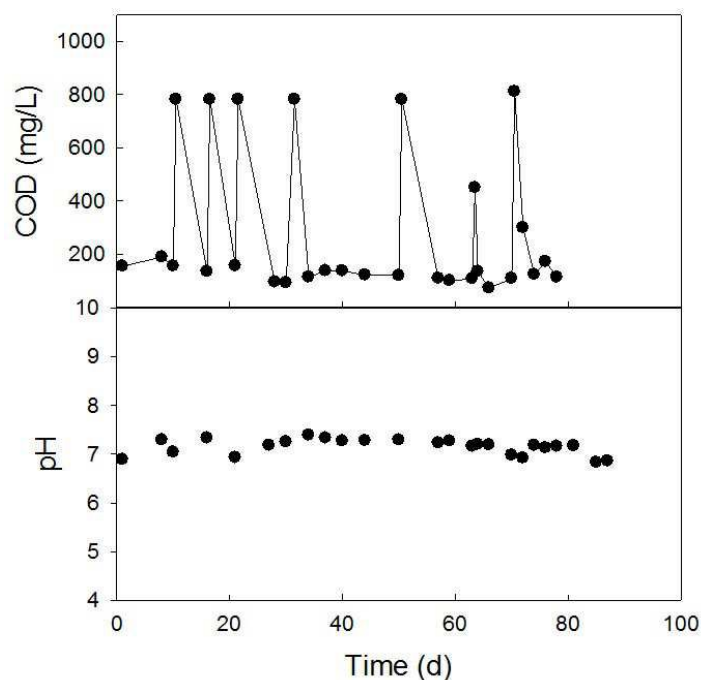
기탁기관명 : 생물자원센터

수탁번호 : KCTC12570BP

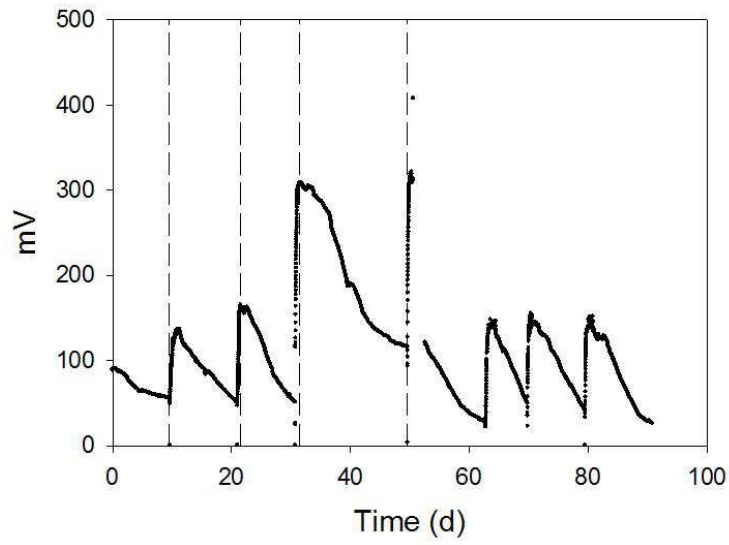
수탁일자 : 20140403

도면

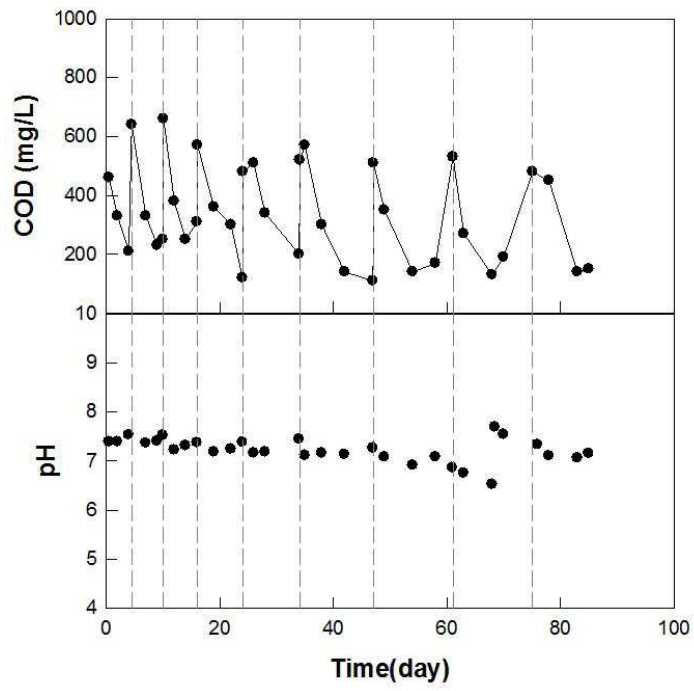
도면1a



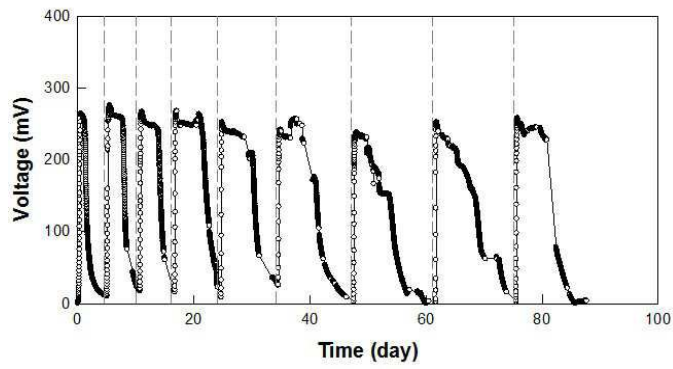
도면1b



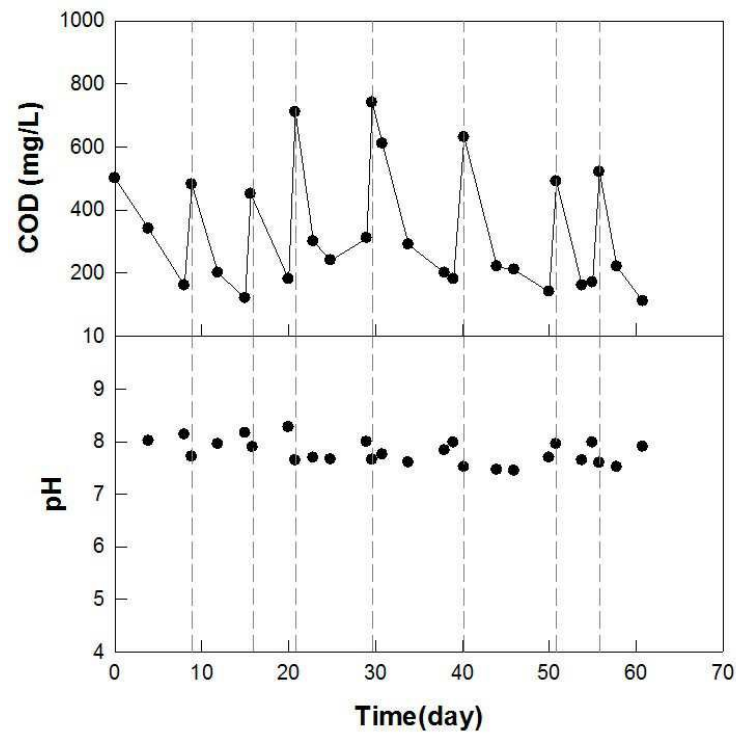
도면2a



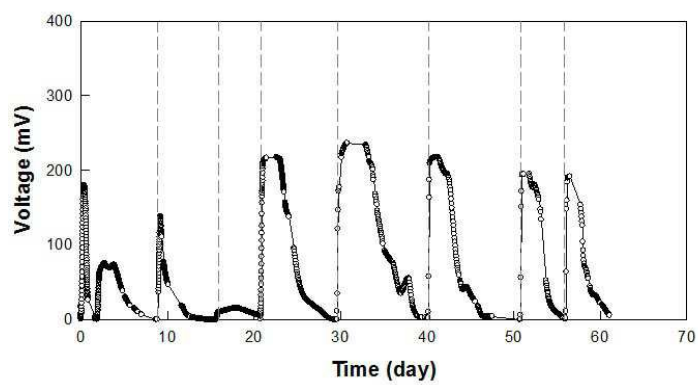
도면2b



도면3a



도면3b



서열 목록

<110>	Ewha University-Industry Collaboration Foundation	
<120>	Novel Candida sp. and microbial fuel cell comprising the same	
<130>	KPA140210-KR	
<160>	2	
<170>	KopatentIn 2.0	
<210>	1	
<211>	19	
<212>	DNA	
<213>	Artificial Sequence	
<220><223>	primer ITS1	
<400>	1	
	tccgtaggtg aacctgcgg	19
<210>	2	
<211>	20	
<212>	DNA	
<213>	Artificial Sequence	
<220><223>	primer ITS4	
<400>	2	
	tcctccgctt attgatatgc	20